VERSUCHE ZUR SEDIMENTATION DER EIER DES FISCHBANDWURMES DIPHYLLOBOTHRIUM LATUM DURCH DAS FLOCKUNGSMITTEL ALUMINIUMSULFAT

RUDOLF DÖSCHL

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546017_0069

Aus dem Zoologisch-Parasitologischen Institut
der Tierärztlichen Fakultät der
Universität München
Vorstand: Prof. Dr.Dr. h.c. H. L i e b m a n n

VERSUCHE ZUR SEDIMENTATION DER EIER DES FISCHBAND-WURMES DIPHYLLOBOTHRIUM LATUM DURCH DAS FLOCKUNGS-MITTEL ALUMINIUMSULFAT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Rudolf Döschl

aus
Fürstenzell

München 1972

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

UNIV.
LEIDEN
VET.

Dekan: Prof. Dr. J. Boessneck
Referent: Prof. Dr.Dr. h.c. H. Liebmann
Korreferent: Prof. Dr. H.-H. Reichenbach-Klinke

Tag der Promotion: 14. Juli 1972

MEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	7
II.	LITERATUR	9
	1. Diphyllobothrium latum	9
	1.1. Morphologie	9
	1.2. Biologie	9
	1.3. Epidemiologie	11
	1.4. Pathogene Bedeutung	12
	2. Chemische Flockung, Flockungsmittel und ihre praktische Bedeutung	13
III.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	18
	1. Züchtung von Diphyllobothrium latum	18
	1.1. Beschaffung von Plerocercoiden	18
	1.2. Invasionsversuche an Hunden	18
	1.3. Lebensfähigkeit der Plerocercoide	20
	2. Geräte und Material	23
	3. Versuchsvorbereitung und Versuchsaufbau	25
	4. Versuchsablauf	26
	5. Auswertung der Versuche	27
	5.1. Auszählung der Eier mit Hilfe der Mc Master - Zählkammer	27
	5.2. Berechnung der Eikonzentration	28
	5.3. Statistische Methodik	28
	6. Ergebnisse	30
	6.1. Vorversuche	30
	6.2. Kontrollversuche	31
	6.3. Versuchsergebnisse mit Aluminiumsulfat	32

Seite

IV. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 55

V. ZUSAMMENFASSUNG 58

SUMMARY 59

VI. LITERATURVERZEICHNIS 60

LEBENSLAUF 72

I. EINLEITUNG

Die Befreiung der Abwässer von parasitären Keimen und deren Vernichtung ist ein entscheidend wichtiger Beitrag zum Schutz von Mensch und Tier vor Gesundheitsschäden. Als Methode der Wahl (LIEBMANN, 1966) wird ein Großteil der täglich in den Abwässern anfallenden ungeheueren Zahl an Wurmeiern (ZARTNER, 1951; LEHMANN, 1954; LIEBMANN, 1955 und 1964; FORSTNER, 1960 und 1970) im mechanischen Teil der Kläranlagen während der 1 1/2 bis 2stündigen Sedimentierungsphase (vorläufige Richtlinien für die landwirtschaftliche Abwasserverwertung in Bayern) aus den Abwässern entfernt. Infolge ihres höheren spezifischen Gewichtes sinken die Wurmeier zu Boden und können mit dem Schlamm entfernt werden. Bei Unterschreitung der angegebenen Mindestabsetzzeit oder Störung durch äußere Einflüsse ist eine ausreichende Sedimentation der Wurmeier nicht mehr gewährleistet.

Durch die weite Verbreitung des Fischbandwurmes ist in den skandinavischen Ländern und den baltischen Küsten- und Seengebieten der Anteil an Diphyllobothrium Eiern in den häuslichen Abwässern besonders hoch. Werden in den Kläranlagen, soweit sie vorhanden sind, nicht alle Fischbandwurmeier aus den Abwässern entfernt und vernichtet, gelangen sie über die Vorfluter in Flüsse und Seen, wo sie ihre biologische Entwicklung fortsetzen. Da eine Änderung bestimmter, zur Diphyllobothriose führender Ernährungsgewohnheiten der Menschen in den gefährdeten Gebieten kaum zu realisieren ist, muß man den parasitären Entwicklungszyklus durch restlose Entfernung

der Fischbandwurmeier aus den in die Kläranlagen gelangenden Abwässern unterbrechen. Als Beitrag dazu wurde mir von Herrn Prof. Dr.Dr. h.c. H. Liebmann die Aufgabe gestellt, den Einfluß des anorganischen Flockungsmittels Aluminiumsulfat auf die Sedimentation der Eier des Fischbandwurmes Diphyllobothrium latum in Rohabwasser zu prüfen.

II. LITERATUR

1. Diphyllobothrium latum: Morphologie, Biologie, Epidemiologie und pathogene Bedeutung

1.1. Morphologie

Der zur Ordnung der Pseudophyllidea gehörende Grubenkopf- oder Fischbandwurm Diphyllobothrium latum (LINNE, 1758), syn. Bothriocephalus latus, besitzt einen 2 - 5 mm langen und 1 mm breiten, senkrecht zur dorsoventralen Richtung des Wurmkörpers abgeplatteten und durch zwei schwach entwickelte Sauggruben gekennzeichneten spatelförmigen Skolex (PIEKARSKI, 1954). Mit 3 000 bis 4 000 rötlichgrauen Gliedern erreicht der Fischbandwurm eine Länge von 2 bis 10 m, maximal 20 m. Jedes im reifen Zustand 10 bis 15 mm breite und 2 bis 5 mm lange Glied enthält einen hermaphroditen Geschlechtsapparat mit drei bauchständigen getrennten Geschlechtsöffnungen. Die aus dem rosettenförmigen Uterus in den Darminhalt gelangenden Eier sind ungefurcht, im Mittel 0,070 : 0,045 mm groß, oval, an einem Pol gedeckelt und am gegenüberliegenden Pol dickschalig (BORCHERT, 1970). Proglottidenbildung und Eiausscheidung, die nach BERGSTERMANN u. M. (1951) ca. 1 Million, nach SCHÄPERCLAUS (1954) bis zu 4 Millionen pro Gramm Kot in 24 Stunden betragen kann, erfolgen in 3-tägigem Rhythmus.

1.2. Biologie

Der Fischbandwurm parasitiert im Dünndarm, weniger im Dickdarm von Mensch, Hund, Katze und Schwein (KUHLOW, 1955; KOTLAN, 1960; WASSILKOWA, 1965).

Als häufige Endwirte sind auch Fische fressende, wildlebende Fleischfresser, besonders die Ursiden, bekannt (KOTLAN, 1960). Die ausgeschiedenen Eier gelangen meist mit den häuslichen Abwässern in Flüsse und Seen. Im Wasser entwickelt sich, abhängig von der Wassertemperatur, der Wassertiefe und den Lichtverhältnissen (VOGEL, 1930), als erste Larve das 0,04 bis 0,05 mm dicke, kugelförmige, allseitig bewimperte und schwimmfähige Coracidium, das die mit drei Paar Embryonalhaken versehene, 0,024 bis 0,030 mm große Onkosphäre enthält. Das Coracidium muß binnen 24 Stunden von einem ersten Zwischenwirt aufgenommen werden. Als solche dienen nur Copepoden der Gattungen Cyclops und Diaptomus (JANICKI und ROSEN, 1917/18; REDLICH, 1925; ESSEX, 1927; VOGEL, 1930; REICHENOW, VOGEL und WEYER, 1952). Innerhalb von 2 bis 3 Wochen wächst die Larve in der Leibeshöhle des Krebschens zum 0,5 mm langen, keulenförmigen Procercoid heran. Werden die Procercoide mitsamt ihrem Wirt von einem Fisch verschluckt, durchbohren sie dessen Darmwand und entwickeln sich zu den 10 bis 30 mm langen Plerocercoiden (KUHLOW, 1953; WIKGREN und MUROMA, 1956).

Die bevorzugten zweiten Zwischenwirte und damit Hauptüberträger sind Quappen (Lota vulgaris) mit einem durchschnittlichen Befall an Plerocercoiden von 91,6 %, Hecht (Esox lucius) 89 %, Barsch (Perca fluviatilis) 53,3 % und Kaulbarsch (Acerina cernua) 98 % (BORCHERT, 1970).

Durch den Verzehr von infiziertem und rohem Fisch gelangt das Plerocercoid in den Dünndarm des Endwirtes. Dort wächst aus der Vollfinne bei einer täglichen Längenzunahme von 10 cm bzw. 30 Gliedern innerhalb von 3 bis 6 Wochen der geschlechtsreife Fischbandwurm heran.

1.3. Epidemiologie

Nach Schätzungen von BONSDORFF (1964) gibt es auf der Erde über 10 Millionen Menschen, die Träger des Fischbandwurms sind. Davon leben 6,4 Millionen in der UdSSR, 1,2 Millionen in Asien und 2,8 Millionen in Europa. BONSDORFF (1964) glaubt nicht, daß der Fischbandwurm von globaler parasitologischer Bedeutung ist, wenn man davon ausgeht, daß 640 Millionen Menschen von Ascariden, 450 Millionen Menschen von Hakenwürmern und über 40 Millionen Menschen von Taenia saginata befallen sind.

Infolge der entwicklungsbedingten Abhängigkeit des Fischbandwurmes von bestimmten geographischen Voraussetzungen (Seengebiete) ist die Diphyllobothriose von großer regionaler Bedeutung (focal character - GUTTOWA, 1970). Nach GYLLING (1949) sind über 18 %, nach HUHTALA (1950) über 20 % der finnischen Bevölkerung mit dem Fischbandwurm infiziert. Von DEMBOWSKI und SZIDAT (1938) in den Jahren 1935 und 1936 vorgenommene Untersuchungen in dem Fischerdorf Pillkoppen am Kurischen Haff ergaben, daß 44,3 % der Bewohner Träger von Diphyllobothrium latum waren (weitere Untersuchungen am Kurischen Haff von ZSCHOKKE, SZIDAT und WIGAND, 1932).

Die Hauptverbreitungsgebiete von Diphyllobothrium in Europa sind:
Baltikum (GUTTOWA, 1970), Ladoga- und Onegasee, Karelien (TARASSOW, 1933) und Finnland (BONSDORFF, 1964); ferner Schweden (LÖNNBERG, 1891; G. ALMER, 1965; B. ALMER, 1967), Norwegen (VIK, 1957), die norditalienischen (SCOLARI, 1955) und Schweizer Binnenseen und das Donaudelta. Vereinzelt findet man den Parasiten im Nahen Osten, in Sibirien, in der Nordmandschurei, in Japan,

Australien, Peru (BAER u. M., 1967), im Seengebiet von Nordamerika und Kanada (FREEMAN und THOMPSON, 1969), in Alaska (RAUSCH, 1958) und Afrika.

1.4. Pathogene Bedeutung

Bereits vor der Jahrhundertwende wurde das gehäufte Auftreten von Anämien im baltischen Raum mit dem Fischbandwurm in Zusammenhang gebracht. Seit einigen Jahren gilt es als gesichert, daß der Fischbandwurm große Mengen Vitamin B_{12} zu resorbieren und zu speichern vermag, und zwar umso mehr, je proximaler die Anheftungsstelle des Skolex im Jejunum liegt (BONSDORFF, 1956 und 1964; NYBERG, 1963). Für den Endwirt steht damit nur noch ein Bruchteil der notwendigen Vitamin B_{12}-Menge zur Verfügung. Die daraus resultierende Hypovitaminose kann bis zur perniciösen Anämie führen. BONSDORFF (1964) berichtet von Untersuchungen, die im Frühjahr 1958 unter Leitung von NYBERG in Ost-Finnland durchgeführt wurden: Von 1344 überprüften Personen waren 366 Träger des Fischbandwurmes, das sind 27,2 %. Die Vitamin B_{12}-Bestimmungen im Blutserum ergaben, daß bei 51,5 % (Kontrollgruppe: 5 %) der Fischbandwurmträger der Vitamin B_{12}-Wert unter der kritischen Grenze von 100 ng pro Liter lag. Der mittlere B_{12}-Wert betrug 116,4 ng pro Liter (Kontrollgruppe: 273,8 ng pro Liter). 8 von den 366 Infizierten litten unter einer klassischen perniciösen Anämie.

Neben einer B_{12}-Hypovitaminose kommt es auch zu Störungen des Vitamin A-, B- und C- und des Elektrolythaushaltes.

Als klinische Symptome der Diphyllobothriose beim Menschen nennt NYBERG (1963) in einer statistischen Aufstellung unter anderem: Unwohlsein, Salzhunger, Diarrhoe,

Müdigkeit, Benommenheit, Nausea und Hungergefühl. Der Befall des Menschen mit Diphyllobothrium latum kann aber auch klinisch inapparent bleiben.

2. Chemische Flockung, Flockungsmittel und ihre praktische Bedeutung

Die chemische Flockung, deren Hauptaufgabe in der Entladung und Zusammenballung der kolloidal verteilten Schwebestoffe des Wassers oder Abwassers besteht (FAIR und GEYER, 1961), ist eine seit langem bekannte Methode zur Reinigung von Abwässern. Trotz ihrer hervorragenden Wirkung finden Flockungsmittel infolge des hohen finanziellen Aufwandes nur als Ergänzung biologischer und mechanischer Verfahren bei speziellen Abwasserverunreinigungen Verwendung. Dabei erfolgt die biologische Reinigung sowohl in Form des Belebtschlammverfahrens wie auch über Tropfkörper im Anschluß an die chemische Behandlung (PALLASCH, 1969).

Der Reaktionsmechanismus der chemischen Flockung ist einfach. Das Adsorptionsmittel wird entweder in fertiger Form zugegeben oder im Abwasser durch chemische Reaktion mit stofflichem Umsatz erzeugt. Infolge von elektrochemischen Reaktionen lagern sich an den Oberflächen des Adsorptionsmittels die adsorptionsfähigen Stoffe an bzw. werden fein verteilte Schwebestoffe im Zuge des Flockenwachstums eingeschlossen (PALLASCH, 1969).

Die heute im Einsatz befindlichen wichtigsten anorganischen und organischen Flockungsmittel sind in Tabelle 1 und 2 aufgeführt.

Die chemische Flockung spielt für die routinemäßige Reinigung städtischer und landwirtschaftlicher Abwässer

Tabelle 1: Die gebräuchlichsten anorganischen Flockungsmittel

	Aluminium-sulfat	Eisen-II-sulfat	Eisen-III-sulfat	Eisen-III-chlorid	Calcium-hydroxyd
chem. Formel	$Al_2(SO_4)_3$ x $14H_2O$	Fe_2SO_4 x $7H_2O$	$Fe_2(SO_4)_3$ x $9H_2O$	$FeCl_3$ x $6H_2O$	$Ca(OH)_2$
Molekular-gewicht	594,4	277,9	562,0	270,3	74,1
Raumgew. g/cm^3	0,56-1,07	1,1-1,5	1,12-1,15	0,95	0,42-1,1
handelsübl. Konzentr.	12-22 % Al_2O_3	55 % $FeSO_4$ 20 % Fe	90-99 % $Fe_2(SO_4)_3$ 25-26 % Fe	59-61 % $FeCl_3$ 12-17 % Fe	85-99 % $Ca(OH)_2$ 63-73 % CaO
Dosier-merkmale	5min zum Auflösen. 1%ige Lös. hat pH 3,4	hygro-skopisch	etwas hygro-skopisch	hygro-skopisch	ständig in Bewegung halten, wenn trokken
lieferbare Form	gepulvert, gekörnt, Stücke	krist. gekörnt, Stücke	gepulvert, gekörnt	Stücke	gepulvert

Tabelle 2: Die gebräuchlichsten organischen Flockungsmittel

SEDIPUR	Hochmolekulare, anionische, wasserlösliche Polymere (sog. Polyelektrolyte) in Pulverform und als Lösung Dosierung: 0,2g und 1g/m^3
SEPARAN AP 30	Hochmolekulares, anionisches Polymer Dosierung: 0,2g und 1g/m^3
NALCO 600	Flüssiges Polyelektrolyt Dosierung: 1g und 15g/m^3
LEVAMID	Hochmolekulares, nichtionogenes aliphatisches Amid. Dosierung: 0,5g und 3g/m^3
PRAESTOLE	Organische, synthetische, makromolekulare, lineare, wasserlösliche Verbindungen

keine Rolle. Ihr Hauptanwendungsgebiet sind Industrieabwässer, speziell die Abwässer von Textil-, Papier- und Lederfabriken ("Niersverfahren", JUNG, 1950 und 1952; SIERP, 1967), Abwässer der Ölindustrie (MEINCK, 1960), der Fischmehlfabriken (JAEGERS, 1950), in Einzelfällen von Schlachthofabwässern (HEPPE nach SIERP, 1967; BÖHM, 1928) und von Molkereiabwässern.

Über den Einsatz und die Wirkung von Flockungsmitteln zur Sedimentation von Wurmeiern gibt es bislang nur wenige Untersuchungen.

Da Wurmeier weder kolloidaler Natur sind noch im Abwasser elektrochemischen Prozessen unterworfen sind, läßt sich eine unmittelbare Wirkung von Flockungsmitteln auf das Sedimentationsverhalten von Wurmeiern ausschließen. Der Reaktionsmechanismus sieht vielmehr so aus, daß die Wurmeier nach Zugabe eines Flockungsmittels von den Flocken eingeschlossen,verklebt und zusammengeballt werden und infolge des erreichten höheren Gewichtes schneller sedimentieren. Dieser Effekt kann generell allen Flockungsmitteln, sowohl anorganischen als auch organischen, zugesprochen werden. Entscheidend ist die Höhe der Dosierung und die Zusammensetzung des Abwassers.

Die beim Einsatz von Flockungsmitteln anfallende Schlammenge beträgt das 2- bis 3fache des beim reinen Absetzverfahren auftretenden Schlammvolumens (IMHOFF, 1950). Die beheizten Faultürme, in denen der Schlamm ausgefault und die Wurmeier zum großen Teil abgetötet werden, müssen die doppelte Größe besitzen. Von Vorteil ist, daß chemisch gefällter Schlamm häufig schneller fault und größere Mengen Gas bildet.

LIEBMANN (1966) empfiehlt zur Sedimentation von Wurmeiern den Einsatz von Flockungsmitteln, die "zweck-

mäßig durch automatische Dosiereinrichtungen vor Einlauf des Rohabwassers in das Ansetzbecken zugegeben werden".

MENSCHEL (1966) testete in einer Versuchsreihe den Einfluß von 7 organischen und einem anorganischen Flokkungsmittel auf die Sinkgeschwindigkeit von Taenia saginata Eiern. Mit den jeweils höchsten der von den Herstellern angegebenen und auf andere Abwasserkriterien bezogenen Dosierungen konnte eine Sedimentationsverbesserung der Taenia saginata Eier in Rohabwasser zwischen 0,6 % und 26 %, bezogen auf die Kontrollwerte, erreicht werden. Im Vergleich aller getesteten Flockungsmittel lagen die Werte bei Verwendung der Höchstdosis bis zu ca. 30 % über denen der niedrigsten Dosis. Daraus ergibt sich eine Abhängigkeit der Sedimentationsgeschwindigkeit von der Flockungsmittelkonzentration. Die Höhe der Dosierung wird jedoch in der Praxis von der Wirtschaftlichkeit limitiert.

MELKERSSON, NILSSON und STENDAHL (1967) berichten von umfangreichen Untersuchungen zur chemischen Abwasserbehandlung. Sie verwendeten ausschließlich Aluminiumsulfat in einer Dosierung von 100 bis 125 g pro m^3 Abwasser. Das Ergebnis der $Al_2(SO_4)_3$-Flockung war unter anderem eine 85prozentige Reduzierung des Abwasser-Phosphatgehaltes, eine 50prozentige Reduzierung der Schmutzstoffe und eine weitgehende Befreiung der Abwässer von Bakterien und Wurmeiern, darunter Eier von Diphyllobothrium latum. Die Kosten einer ständigen Abwasserbehandlung mit 125 g Aluminiumsulfat pro m^3 werden auf 4 Schwedische Kronen pro Person und Jahr berechnet, das entspricht umgerechnet einem Betrag von ca. DM 2,80. Infolge allgemeiner Preissteigerungen in den vergangenen Jahren dürften die heutigen Kosten um einige Prozent höher liegen.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Züchtung von Diphyllobothrium latum

1.1. Beschaffung von Plerocercoiden

Der Fischbandwurm ist in Schweden augenblicklich ein großes parasitologisches Problem. Ein erheblicher Teil der Fischbestände ist dort mit Plerocercoiden von Diphyllobothrium latum infiziert. Deshalb wurden über 50 getötete, in Watte und Moos verpackte Barsche per Post von Schweden nach München geschickt. Infolge der langen Transportdauer von durchschnittlich einer Woche gingen die Barsche teilweise schon in Mazeration über. Die sofort nach dem Eintreffen der Fische vorgenommene Präparation ergab, daß 67 % der Barsche mit Plerocercoiden des Fischbandwurmes infiziert waren. 90 % der ausschließlich in der Fischmuskulatur gefundenen Plerocercoide lebten und zeigten eine starke Motilität. (Abb. 1 und 2)

1.2. Invasionsversuche an Hunden

Als Endwirte standen insgesamt 5 Hunde zur Verfügung: Eine 5jährige Spanielhündin, ein 1jähriger Spanielrüde, ein 6jähriger Schäferhundbastard und ein 8 Monate altes Beagle - Pärchen, an dem ein Jahr später die Invasionsversuche vorgenommen wurden. Wiederholte Kotuntersuchungen bestätigten vor Versuchsbeginn die Endoparasitenfreiheit der Hunde. Ihr Ernährungs-, Gesundheits- und Pflegezustand war hervorragend.

Zur Invasion wurden pro Hund vier möglichst große lebende Plerocercoide ausgewählt, je ein Plerocercoid in eine Scheibe Wurst gerollt oder in ein gekochtes Stück

Abbildung 1: Plerocercoid von Diphyllobothrium latum, lebend
Vergrößerung 5-fach; Originalaufnahme

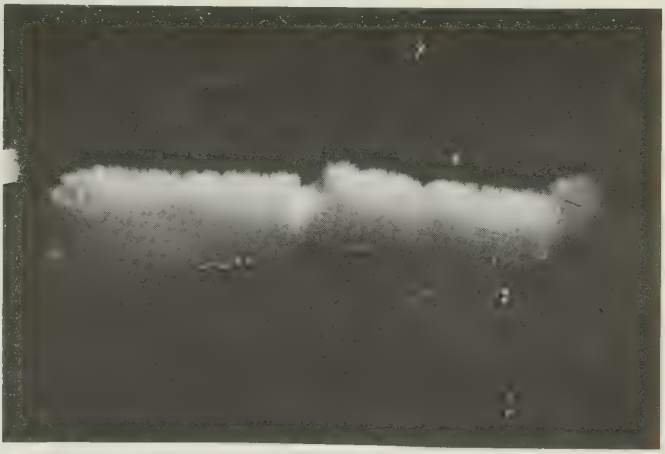


Abbildung 2: Dasselbe Plerocercoid wie oben in einer anderen Bewegungsphase
Vergrößerung 5-fach; Originalaufnahme

Rindfleisch gelegt und von den Hunden ohne Kauen geschluckt.

6 von 10 Invasionsversuchen waren erfolgreich: Nach einer Präpatentzeit von 17 bis 30 Tagen konnten Diphyllobothrium latum-Eier im Kot nachgewiesen werden. In einem Fall wurde bereits 17 Tage p.i. eine Proglottidenkette von ca. 60 cm Länge spontan abgestoßen. Fischbandwurmketten bis zu einer Länge von 1 m befanden sich in unregelmäßigen Abständen neben oder in den meist dünnbreiigen Faeces. Nach spätestens 3 Monaten waren alle Würmer ausgeschieden. Da sich der Fischbandwurm im menschlichen Dünndarm jahrelang aufhalten kann, läßt sich der Schluß ableiten, daß Hunde keine idealen Endwirte für Diphyllobothrium latum sind. Es muß das Eintreten einer Immunität in Betracht gezogen werden, da wiederholte Invasionsversuche die Empfänglichkeit der Hunde für einen Neubefall verminderten. Auf ähnliche Immunitätsverhältnisse beim Menschen nach wiederholten Invasionsversuchen deuten die Erfahrungen von TARASOW (1937, zitiert nach KOTLAN, 1960) hin.

Während der gesamten Infektionszeit war das Allgemeinbefinden der Hunde kaum beeinträchtigt. Außer einer chronischen, selten hämorrhagischen Diarrhoe und blassen Conjunktiven konnten keine klinischen Symptome registriert werden.

1.3. Lebensfähigkeit der Plerocercoide

Die enorme Widerstandsfähigkeit der in mazerierender Fischmuskulatur überlebenden Plerocercoide gab die Veranlassung zu einem zusätzlichen Experiment. Sieben Plerocercoide - nach einwöchigem Transport ohne erkennbare morphologische Schäden - wurden in ein Glas mit physio-

logischer Kochsalzlösung gelegt und die Lebensfunktion bis zu ihrem Tod beobachtet. Während der ersten 3 Tage zeigten sämtliche 7 Plerocercoide eine sehr gute bis gute Motilität. In der Nacht zum vierten Tag waren 3 Exemplare abgestorben. Von den verbleibenden 4 Plerocercoiden lebte am Nachmittag des fünften Tages noch eines bei guter Motilität. Am sechsten Tag ging auch dieses besonders große und widerstandsfähige Plerocercoid in Mazeration über. (Tab. 3)

Diese Beobachtungen sind jedoch nur von theoretischem Interesse, da niemals Plerocercoide frei im Wasser leben.

Tabelle 3: Lebensfähigkeit von Plerocercoiden des Fischbandwurmes Diphyllobothrium latum in physiologischer Kochsalzlösung bei 20°Celsius nach 7tägigem Transport in toten Barschen

Tag	Stunde	Von 7 Plerocercoiden leben noch	Motilität	Bemerkungen
1.	16h	7	+++	Freipräparation der Plerocercoide und Einlegen in physiolg. NaCl
2.	10h	7	+++	Photos
	16h	7	++	frische NaCl
3.	10h	7	++	über Nacht Zusammenballung v. 5 Plerocercoiden, vorsichtige Trennung
	16h	7	++	bei 3 Plerocercoiden trotz Motilität beginnende Mazeration
4.	13h	4	+	frische NaCl 3 Exemplare mazerierend
	17h	4	3+ 1+++	
5.	10h	2	1++ 1+	ein Exemplar kräftige Motilität u.Kontraktionsfähigkeit mit Vorwärtsbewegung
	14h	1	++	
6.	10h	-	-	

+++ sehr gut
++ gut
+ schwach

2. Geräte und Material

Für die Durchführung der Sedimentationsversuche standen mehrere Versuchsaufbaumöglichkeiten zur Diskussion. MENSCHEL (1966) verwendete ein Glasrohr von 1,40 m Länge und einem Durchmesser von 5 cm. Das konisch zulaufende Ende dieses Rohres geht über in die ca. 1,5 cm lange und 1 cm weite Zapfstelle, versehen mit einem Gummischlauch und einer Quetschklemme. Die Höhe der Abwassersäule beträgt 1,35 m. Ähnlich gebaut ist ein in Vorversuchen getestetes Messingrohr mit einer Höhe von 120 cm und einem Durchmesser von 4 cm. Das Rohr ist an der Unterseite geschlossen, besitzt dafür aber 5 Zapfstellen mit jeweils 30 cm Abstand. Da die sorgfältige Reinigung der langen und engen Rohre nach jedem Versuch zur Verhinderung der Eihaftung an den verschmutzten Wänden von erheblicher Bedeutung für die Objektivität der Versuchsergebnisse ist, in der Praxis sich aber als problematisch erweist, fiel die Wahl auf die Glastrichter nach IMHOFF. Diese Imhofftrichter laufen in ein ca. 5 cm langes, mit einem Hahn versehenes Rohr aus, sodaß das jeweilige Sediment im Trichter ohne Schwierigkeiten abgezapft werden kann. Bei einem Fassungsvermögen von 1 l Rohabwasser beträgt die Höhe der Wassersäule und damit auch die maximale Sedimentationshöhe des Imhofftrichters 37,5 cm.

Die intensive Durchmischung von Flockungsmittel, Wurmeiern und Rohabwasser besorgte ein elektrisches und stufenlos verstellbares Rührwerk mit 4 Propellern.

Mit Hilfe der Mc Master - Zählkammer wurden die im Sediment angereicherten Diphyllobothrium latum-Eier unter einem Mikroskop ausgezählt.

Sämtliche Versuche wurden mit reifen Eiern von Diphyllo-

bothrium latum durchgeführt. Die von den Hunden in unregelmäßigen Abständen zusammen mit dem Kot ausgestoßenen Proglottidenketten wurden, um eine vorzeitige bakterielle Zersetzung der in den Uteri enthaltenen Eier zu verhindern, in eine 3prozentige Formalinlösung gegeben und bei +4°Celsius im Kühlschrank gelagert. Während dieser mehrtägigen Lagerungsphase ließen sich keine mikroskopisch sichtbaren Strukturveränderungen der Fischbandwurmeier feststellen. Es kann davon ausgegangen werden, daß das spezifische Gewicht der Eier und damit auch deren Sedimentationsverhalten unverändert blieb.

In Vorversuchen wurde die Möglichkeit getestet, wurmeihaltige Kotaufschwemmungen zur Sedimentation zu verwenden. Da infolge des relativ großen Volumens der Kotaufschwemmung von 30 bis 50 ml die qualitative Zusammensetzung des Rohabwassers zu stark verändert wird, wurden diese Versuche eingestellt.

Die Sedimentation der Diphyllobothriumeier erfolgte in ungereinigtem, nur von den gröbsten Bestandteilen befreitem Rohabwasser (30 min vorsedimentiert) der Stadt München. Abhängig von der Witterung, der Tageszeit und dem Wochentag (Feiertag oder Werktag mit unterschiedlichem Anteil an Industrie-, Schlachthof- oder häuslichen Abwässern) unterliegt das Abwasser quantitativen und qualitativen Schwankungen, die durch die Messung der Absetzbarkeit in ml innerhalb 30 min, der elektrolytischen Leitfähigkeit in Milli-Siemens x cm^{-1}, des pH - Wertes und der Temperatur erfaßt wurden.

3. Versuchsvorbereitung und Versuchsaufbau

Vor Beginn der eigentlichen Versuche mußte eine Reihe von Vorarbeiten durchgeführt werden.

Das Rohabwasser enthält häufig grobe Verunreinigungen wie z.B. Kartoffelschalen, Salatreste, Stoffetzen usw. Da einerseits Wurmeier daran haften bleiben, andererseits die Abflußöffnung der Imhofftrichter verlegt wird, erwies es sich als notwendig, durch eine 30minütige Vorsedimentation die gröbsten Bestandteile absinken zu lassen. Nur in dieser Weise vorgereinigtes Abwasser ist für die Versuche geeignet.

Die Herstellung einer Aufschwemmung von Diphyllobothrium latum Eiern erfolgt durch Ausdrücken und Ausstreifen der rosettenförmigen Uteri in einer Petrischale, die bis zu einer Höhe von 0,5 cm mit Leitungswasser gefüllt ist. Pro Versuch werden die Eier von 4 Proglottiden verwendet.

Mit einer Feinwaage wird die jeweils gewünschte Menge Aluminiumsulfat abgewogen und anschließend in 6,0 ml Leitungswasser aufgelöst.

Jenaer Bechergläser mit einem Fassungsvermögen von je einem Liter werden mit vorsedimentiertem Rohabwasser gefüllt und unter das Rührwerk gestellt, dessen Propeller das Wasser in starke Turbulenz versetzen.

Mit einer Pipette wird die Eiaufschwemmung in das Rohabwasser eingebracht, dazu - außer bei den Kontrollversuchen - die jeweilige in 6,0 ml Leitungswasser gelöste Menge Aluminiumsulfat. Die Turbulenz des Abwassers gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung der Wurmeier und des Flockungsmittels. Nach 5minütiger Rührdauer wird das Abwasser in die Imhofftrichter umgefüllt. Damit beginnt der Hauptteil des Versuches, die Sedimentation der Wurmeier.

4. Versuchsablauf

Nach 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 und 120 min wird das über der Zapfstelle der Imhofftrichter angereicherte eihaltige Sediment in verkorkbare Zylindergläser abgelassen. Dabei ist folgendes zu beachten: Das Volumen des abgesetzten Sedimentes ist abhängig einerseits von der Konzentration an Aluminiumsulfat, andererseits von der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Abwassers. Bei den Kontrollversuchen ohne Flockungsmittel beträgt die Sedimentmenge in den angegebenen Zeitintervallen 0 bis 1 ml und nimmt bei Aluminiumsulfatzusatz Werte bis zu 20 ml an. Um alle abgesunkenen und im Sediment angereicherten Wurmeier erfassen zu können, muß jedesmal die gesamte Sedimentmenge abgezapft werden. Damit nicht während des Abzapfvorganges infolge einer plötzlichen Wasserspiegelsenkung der normale Sedimentierungsvorgang gestört bzw. beschleunigt wird, sollte nicht mehr als 20 ml auf einmal entnommen werden. Diese Sedimentmenge bildet sich bei einer Aluminiumsulfatdosierung von ca. 130 bis 150 mg/l Rohabwasser. Für Versuche mit höheren, aber unwirtschaftlichen Aluminiumsulfatkonzentrationen sind die Imhofftrichter ungeeignet.

Zur Ermittlung der optimalen Versuchsdauer wurden in Vorversuchen Sedimentationszeiten von 2 bis 4 Stunden geprüft. Da die Abweichungen der 2Stunden - Werte von den 4Stunden - Werten sehr gering waren, wurde die Gesamtdauer jedes Versuches auf 2 Stunden festgelegt. Diese Zeit genügte infolge der geringen Fallhöhe von maximal 37,5 cm im Imhofftrichter zur Anreicherung der Eier im Sediment. Eier, die während des Absinkens an der Glaswand vorübergehend hängenbleiben oder an flotierenden Schmutzpartikeln haftend aufsteigen , können

verzögert sedimentieren. Das entspricht durchaus den natürlichen Verhältnissen in den Sedimentierungsbecken der Kläranlagen und bedeutet keinen speziellen Fehler der Versuchsmethodik.

5. Auswertung der Versuche

5.1. Auszählung der Eier mit Hilfe der Mc Master - Zählkammer (GORDON und WHITLOCK, 1939; WETZEL, 1951) in einem modifizierten Verfahren

5.1.1. Vor Gebrauch der Mc Master - Zählkammer wird die mit drei Zählnetzen versehene Deckplatte der dreigekammerten Grundplatte aufgelegt und beiderseits mit Druckklammern befestigt. Zur Beschickung der Kammern von der Seite her legt man die Deckplatte so auf, daß die eine Längskante mit der Längskante der Grundplatte abschneidet.

5.1.2. Das in den Zylindergläsern aufbewahrte Sediment füllt man je nach Bedarf in 50, 100 oder 200 ml fassende Meßzylinder, spült nach und verdünnt es im Verhältnis 1 : 8 mit Leitungswasser. Die Verdünnung erhöht die optische Strahlendurchlässigkeit so weit, daß die Fischbandwurmeier im Mikroskop deutlich gesehen und von Schmutzpartikeln gleicher Größe unterschieden werden können.

5.1.3. Zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Eiverteilung rührt man mit einem Glasstab kräftig in der verdünnten Sedimentaufschwemmung, entnimmt mit einer Pipette rasch hintereinander je eine Probe vom Boden, von der Mitte und von der

Oberfläche der Flüssigkeitssäule im Meßzylinder und beschickt von der Seite her luftblasenfrei die drei Kammern der Mc Master - Zählkammer.

5.1.4. Die unter den drei quadratischen Zählnetzen zu Boden gesunkenen Fischbandwurmeier werden bei mittlerer Vergrößerung unter dem Mikroskop ausgezählt.

5.2. Berechnung der Eikonzentration

Zur prozentualen Berechnung der nach der Zeit t sedimentierten Wurmeier dividiert man die Gesamtsumme der nach 2stündiger Sedimentation in den drei Kammern ausgezählten Eier durch die Summe der bis zur Zeit t ausgezählten Eier und multipliziert das Ergebnis mit 100, ausgehend von einer 100prozentigen Anreicherung der Diphyllobothrium latum Eier im Sediment nach 120 min.

Beispiel:

a Gesamtsumme der nach einem 2stündigen Versuch ausgezählten Eier = 800, entsprechend 100 %

b Summe der Eier, die nach der Zeit t = 20 min bereits sedimentiert sind = 240, entsprechend x %

$$x = \frac{240}{800} \cdot 100$$

x = 30 % der Eier sind nach 20 min sedimentiert.

5.3. Statistische Methodik

In kleinen Beobachtungsreihen - um solche handelt es sich bei den vorliegenden Versuchen - können die Ergebnisse weitgehend zufallsbedingt sein. Als Ansatzpunkt der Zahlenkritik geht man von der Nullhypothese aus, derzufolge beide Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Diese Hypothese kann jedoch

abgelehnt werden, wenn die Differenz zwischen den beiden Mittelwerten so groß ist, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, eine gleichgroße oder sogar noch größere Differenz zu erhalten, kleiner ist als eine vorgegebene kleine Irrtumswahrscheinlichkeit (z.B. 1 % oder 1 °/oo). Der mächtigste statistische Test zur Prüfung dieser Aussage ist der Student - t - Test, der eine Testgröße T für die Differenz zweier Stichprobenmittelwerte berechnet. Gegeben sind die Mittelwerte $\bar{x}_1$ und $\bar{x}_2$ und die Standardabweichungen s_1 und s_2 von zwei unverbundenen Stichproben vom Umfang N_1 und N_2.

Für die Testgröße T gilt folgende Formel:

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{N_1 s_1^2 + N_2 s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)}}$$

Die Zahl der Freiheitsgrade $(N_1 + N_2 - 2)$ ist relativ klein. Deshalb wird bei der Ablehnung der Nullhypothese die Irrtumswahrscheinlichkeit aus den Tafeln der t - Verteilung entnommen.

Da die Standardabweichung = mittlere quadratische Abweichung einer Meßreihe vom arithmetischen Mittel unbekannt ist, muß sie vorher berechnet werden:

Daten: x_i; Meßwert i (i = 1, 2, ..., N)
Bestimmungsgröße: Für die Standardabweichung gilt die Formel:

$$6 = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \cdot (x_i - \bar{x})^2}$$

wobei $\bar{x}$ das arithmetische Mittel der Meßreihe ist. Hieraus erhält man nach einer Umformung:

$$6 = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i^2 - \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}$$

Mit dieser Formel kann die Berechnung der Standardabweichung in einem Arbeitsgang erfolgen, denn eine vorausgehende Bestimmung von $\bar{x}$ ist nicht erforderlich.

Als Signifikanzgrenze wurde festgesetzt: p kleiner als 0,01

ANMERKUNG: Die Rechnungen wurden von einem Kleincomputer Typ Olivetti Programma 101 durchgeführt, die Formeln wurden dem Computerprogramm entnommen.

6. Ergebnisse

6.1. Vorversuche

Um einen Einblick in das Sedimentationsverhalten der Fischbandwurmeier zu erhalten, wurde in einer Reihe von Vorversuchen deren Sinkgeschwindigkeit in Rohabwasser ermittelt. Dazu diente ein 1,10 m langes Glasrohr, das am unteren Ende in eine Zapfstelle auslief und bis zur 1 m - Marke mit vorsedimentiertem Rohabwasser gefüllt wurde. Die Eiaufschwemmung mußte mit einer Pipette tropfenweise unter den Oberflächenmeniskus des Wasserspiegels eingebracht werden, wobei sich eine gewisse Startbeschleunigung der Eier trotz aller Vorsicht nicht ganz vermeiden ließ. Die Sinkgeschwindigkeit der Fischbandwurmeier schwankte zwischen o,3 m und 2,1 m pro Stunde mit einem Mittelwert von 1,2 m pro Stunde. Infolge zahlreicher Fehlerquellen (vorse-

dimentiertes Rohabwasser, Anfangsbeschleunigung der Eier, Haften der Eier an der Glaswand) können diese Zahlen im Hinblick auf die tatsächliche Sinkgeschwindigkeit in den großen Sedimentierungsbecken der Kläranlagen nur als Orientierungswerte verstanden werden.

6.2. Kontrollversuche

Parallel zu jeder Versuchsreihe wurden Kontrollversuche ohne Aluminiumsulfat durchgeführt. Die Sedimentation der Schmutzpartikel im vorsedimentierten Rohabwasser war im Vergleich zur Aluminiumsulfatflockung so gering, daß sie mengenmäßig nicht erfaßt werden konnte. Auch die ausgezählte Eimenge lag in der Regel erheblich unter den Ergebnissen mit Aluminiumsulfat, obwohl die Eier aus einer konstanten Anzahl von Proglottiden je Versuchsreihe gewonnen wurden. Die Ursache liegt darin, daß beim Einsatz von Aluminiumsulfat durch Zusammenballung der Wurmeier und Kleben an den Flocken eine Haftung der Eier an der Glaswand der Imhofftrichter und eine Flotation an aufsteigenden Schmutzpartikeln verhindert wird.

Die Sedimentation der Fischbandwurmeier in Rohabwasser erfolgt weitgehend gleichmäßig während der zweistündigen Versuchszeit. Nach 5 min sind durchschnittlich 11,2 % der Eier abgesunken, nach 10 min 18,3 % und bis zum Zeitpunkt 60 min steigt die Sedimentation nach je 10 min um jeweils ca. 10 % an: Nach 20 min befinden sich 28,3 % der Fischbandwurmeier im Sediment, nach 30 min 37,7 %, nach 40 min 48,0 %, nach 50 min 55,6 %, nach 60 min 65,6 %. Innerhalb einer Stunde sind also fast 2/3 der Fischbandwurmeier sedimentiert. Das letzte Drittel verteilt sich auf die zweite Versuchshälfte: Nach 80 min sind 82,1 % der Fischbandwurmeier abgesun-

ken, nach 100 min 90,0 %. Nach 120 min ist das Abwasser frei von Diphyllobothrium latum Eiern (Tab. 4).

Diese Ergebnisse sind die arithmetischen Mittelwerte aus 14 Versuchen. Infolge stark variierender Rohabwasserzusammensetzung streuen die einzelnen Werte zum Teil erheblich um die errechneten Mittelwerte, die mit den Mittelwerten der in verschiedenen Konzentrationen durchgeführten Flockungsversuche statistisch verglichen werden.

6.3. Versuchsergebnisse mit Aluminiumsulfat

Die Versuche mit verschiedenen Aluminiumsulfatkonzentrationen hatten zum Ziel, diejenige Flockungsmitteldosis zu finden, die bei wirtschaftlicher Vertretbarkeit eine optimale Wirkung auf die Sedimentation der Fischbandwurmeier verspricht. Getestet wurden Dosierungen von 1 mg bis 150 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser. Da Dosierungen unter 80 mg pro Liter infolge stark schwankender Abwasserzusammensetzung in ihrer flockenbildenden Wirkung unzuverlässig sind, d.h. bei günstiger Abwasserzusammensetzung ausreichend viele Flocken bilden, bei ungünstiger aber zu wenige, wurde das Hauptgewicht der Versuche auf Konzentrationen von 80 mg bis 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser gelegt. Die dabei erzielten Sedimentationsverbesserungen der Diphyllobothrium latum Eier ließen sich trotz der kleinen Beobachtungsreihe mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit, die größtenteils unter 0,0025 lag, statistisch sichern.

Beim Vergleich der Ergebnisse mit und ohne Flockungsmittel wird von der Tatsache ausgegangen, daß bei einer Dosierung von 90 bis 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter das Absinken der vorher entstandenen Flocken ca. 30 min

Tabelle 4: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Kläranlagen

14 Kontrollversuche ohne Aluminiumsulfat

%Eier nach...Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	mS·cm^{-1} bei 20°C
25,0	25,0	37,5	37,5	37,5	50,0	50,0	50,0	62,5	100	20	7,9	5	0,8255
6,0	20,0	42,0	62,0	76,0	80,0	84,0	92,0	94,0	100	16	7,4	14	0,8255
0	9,8	9,8	13,7	13,7	21,5	37,2	72,5	98,0	100	18	7,7	26	0,8572
3,4	10,7	34,6	48,2	69,2	71,2	82,9	91,2	96,0	100	18	7,5	12	0,8572
7,3	12,9	45,0	49,0	65,7	70,3	86,1	95,3	98,1	100	18	7,5	12	0,8572
1,0	3,2	12,1	42,3	59,7	78,2	85,8	88,5	92,9	100	20	7,5	16	0,8572
2,3	9,5	11,9	33,3	54,7	69,0	76,1	85,7	92,8	100	20	7,5	16	0,8572
21,4	35,7	35,7	50,0	50,0	50,0	50,0	64,2	78,5	100	20	7,7	6	0,6731
10,0	14,2	25,7	30,0	38,5	42,8	70,0	87,1	90,0	100	18	7,4	10	0,8001
20,8	29,1	37,5	37,5	45,8	45,8	54,1	79,1	79,1	100	16	7,5	10	0,7683
11,5	12,8	15,3	17,9	26,9	52,5	67,9	80,7	96,1	100	19	7,5	6	0,7239
5,4	12,0	19,7	27,4	47,2	51,6	61,5	97,8	98,9	100	19	7,5	6	0,7239
18,1	36,3	45,4	54,5	54,5	54,5	63,6	90,3	100	100	20	7,9	8	0,7620
25,0	25,0	25,0	25,0	33,3	41,6	50,0	75,0	83,3	100	20	7,9	8	0,7620
MW 11,2	18,3	28,3	37,7	48,0	55,6	65,6	82,1	90,0	100				
Standardabweichung:			±13,6	±16,5	±15,7	±15,3	±12,7						

MW = Mittelwert

mS·cm^{-1} = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

nach Versuchsbeginn ihren Höhepunkt erreicht und im wesentlichen 60 min nach Versuchsbeginn abgeschlossen ist. Es werden also diejenigen Sedimentationsergebnisse vergleichend beurteilt, die 30, 40, 50 und 60 min nach Versuchsbeginn vorliegen. Die Werte nach 80, 100 und 120 min können weitgehend unberücksichtigt bleiben, da die Eier infolge der geringen Fallhöhe der Imhofftrichter nach diesem Zeitraum auch ohne Unterstützung des Flockungsmittels zum großen Teil abgesunken sind. Die statistischen Untersuchungen erfassen aus den genannten Gründen nur die Ergebnisse von 30 bis 60 min. Die 80 min - Ergebnisse wurden der Vollständigkeit halber ebenso statistisch ausgewertet.

6.3.1. Sedimentationsergebnisse mit 1 bis 2,5 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Da diese geringen Flockungsmitteldosierungen weit unter dem Schwellenwert der Flockenbildung liegen, konnte eine Sedimentationsbeschleunigung der Fischbandwurmeier gegenüber den Kontrollversuchen nicht erzielt werden. Nach einer Stunde Absetzzeit waren wenigstens 58,0 % und höchstens 73,5 % der Diphyllobothrium latum Eier sedimentiert. (Tab. 5)

6.3.2. Sedimentationsergebnisse mit 20 bis 70 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Mit steigender Aluminiumsulfatkonzentration nimmt die Flockenbildung und damit die Sedimentationsbeschleunigung der Fischbandwurmeier zu. Der Prozentsatz der nach einer Stunde sedimentierten Eier betrug bei einer Aluminiumsulfatdosierung von 20 mg 51,8 % (Sedimentmenge 1 ml), bei 30 mg Aluminiumsulfat 3,9 % (kein Sediment), bei 40 mg 97,5 % (Sedimentmenge

Tabelle 5: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 1 - 2,5 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

$Al_2(SO_4)_3$ in mg/l	%Eier nach ...Minuten Absetzzeit sedimentiert							ABWASSER	
	5	24	48	60	72	96	120	T°C	pH
1	13,6	33,0	60,8	73,5	86,2	99,9	100	18	7,5
1	11,4	32,4	61,3	73,5	85,6	99,9	100	18	7,5
1,5	2,1	21,0	48,1	58,0	67,9	90,0	100	18	7,5
1,5	13,1	33,1	57,1	67,7	78,4	99,4	100	18	7,5
2	14,4	32,5	35,3	55,1	74,9	94,4	100	16	7,7
2,5	13,7	32,1	54,8	66,6	74,8	99,8	100	16	7,7

Für diese Versuche wurden jeweils 30ml einer wässerigen Aufschwemmung von Fischbandwurmeier enthaltenden Hundefaeces verwendet.

1,8 ml), bei 50 mg 91,6 % (Sedimentmenge 1,5 ml), bei 60 mg 41,0 % (Sedimentmenge 1 ml) und bei 70 mg 97,8 % (Sedimentmenge 2 ml). Die stark differierenden Ergebnisse sind darauf zurückzuführen, daß bei diesen Aluminiumsulfatkonzentrationen unter ungünstigen Verhältnissen die Flockenbildung und das Absinken der Flocken stark verzögert ist. In der verlängerten Phase der Flockenentstehung wird die Sedimentation der Eier so sehr behindert, daß die Ergebnisse zum Teil unter denen der Kontrollversuche liegen. (Tab. 6)

6.3.3. Sedimentationsergebnisse mit 80 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Nach 30 Minuten waren durchschnittlich 49,5 % der Eier sedimentiert, nach 40 min 74,0 %, nach 50 min 86,0 %, nach 60 min 91,4 % und nach 80 min 97,3 %. 3/4 aller Eier sind also bereits nach 40 min zu Boden gesunken. In einem Fall bildete sich durch schnelles Absinken der Flokken zwischen dem Zeitpunkt 20 min und 30 min eine Sedimentmenge von 10 ml. (Tab. 7)

6.3.4. Sedimentationsergebnisse mit 90 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

52,4 % der Eier, also über die Hälfte, waren nach 30 min sedimentiert, 76,1 % nach 40 min, 85,9 % nach 50 min, 92,1 % nach 60 min und 97,9 % nach 80 min (Mittelwerte). Bei einem Versuch konnten infolge günstiger Abwasserzusammensetzung bereits nach 40 min 100 % der Eier im Sediment nachgewiesen werden. Die Sedimentmenge, die sich zwischen zwei Probenentnahmen angesammelt hatte, betrug maximal 7 ml.

Tabelle 6: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 20 - 70 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

$Al_2(SO_4)_3$ in mg/l	%Eier nach ...min Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
	5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	mS cm^{-1} bei 20°C
20	1,6	2,1	2,5	3,3	3,7	12,2 (+)	51,8 (1)	89,4 (1,5)	96,2 (1,2)	100 (0,5)	16	7,5	10	0,7683
30	0,7	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	3,9	40,4 (1,5)	92,6 (3,0)	100 (1,5)	16	7,5	10	0,7683
40	0,9	1,9	4,4	27,5 (1,5)	71,9 (4)	87,1 (2,2)	97,5 (1,8)	99,0 (1,5)	99,5 (1,4)	100 (0,5)	16	7,5	10	0,7683
50	0	0,3	1,5	26,5 (1,6)	51,4 (2,5)	75,4 (2,0)	91,6 (1,5)	98,0 (2)	99,6 (1,3)	100 (0,6)	18	7,4	10	0,8001
60	0	2,1	2,1	2,9	2,9	4,8	41,0 (1)	90,8 (6)	98,9 (2,7)	100 (1,4)	18	7,4	10	0,8001
70	1	2,1	2,9	43,2 (4)	77,3 (4)	93,8 (3)	97,8 (2)	99,8 (2)	99,9 (1,4)	100 (0,5)	18	7,4	10	0,8001

Werte in Klammern = das zwischen 2 Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml

$mS \cdot cm^{-1}$ = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

Tabelle 7: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 80 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ... Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	mS cm^{-1} bei 20°C
0,5	0,8	0,8	28,0 (10)	59,5 (7)	82,4 (3)	91,3 (2)	97,3 (1,8)	99,4 (1,5)	100 (1)	19	7,5	6	0,7239
1,0	1,5	14,2	40,7	67,7	78,8	84,1	94,7	98,4	100	16	7,4	14	0,8255
10,2	27,5	65,3	80,0	94,8	96,8	98,9	100	100	100	15,5	7,2	6	0,7704
MW3,9	9,9	26,7	49,5	74,0	86,0	91,4	97,3	98,4	100				

MW = Mittelwert

Werte in Klammern = das zwischen zwei Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml

$mS \cdot cm^{-1}$ = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

Die Sedimentationsverbesserung gegenüber den Kontrollversuchen ist jeweils für den Zeitpunkt 40, 50 und 60 min statistisch gesichert. (Tab. 8a, Graphische Darstellung 1, Tab. 8b)

6.3.5. Sedimentationsergebnisse mit 100 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Diese Werte liegen etwas über den Ergebnissen mit 90 mg. Nach 30 min waren im Mittel bereits 64,6 % der Eier sedimentiert, nach 40 min 86,8 %, nach 50 min 94,2 % und nach 60 min 97,8 %. Die niedrige Standardabweichung, die zum Zeitpunkt 50 min 2,53 und zum Zeitpunkt 80 min nur 1,06 beträgt, und die geringe Irrtumswahrscheinlichkeit von teilweise unter 0,0005 kennzeichnen die sichere Wirkung auf die Sedimentation der Fischbandwurmeier bei einer Aluminiumsulfatdosierung von 100 mg pro Liter Abwasser. (Tab. 9a, Graphische Darstellung 2, Tab. 9b)

6.3.6. Sedimentationsergebnisse mit 110 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Nach 30 min konnten durchschnittlich 63,0 % der Eier im Sediment gefunden werden, nach 40 min 80,1 %, nach 50 min 87,8 %, nach 60 min 93,0 % und nach 80 min 97,9 %. Bei einem Versuch betrug die Sedimentmenge, die sich zwischen dem Zeitpunkt 20 und 30 min abgesetzt hatte, 18 ml, bei einem anderen 10 ml. Die Differenz der Mittelwerte zu den Kontrollversuchen ist für den Bereich von 30 bis 60 min statistisch gesichert. (Tab. 10a, Graphische Darstellung 3, Tab. 10b)

Tabelle 8a: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 90 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ... Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	mS cm^{-1} bei 20°C
0	2,6	54,8	84,0	100	100	100	100	100	100	18	7,7	26	0,8572
0,9	1,4	25,8 (6)	60,2 (6)	81,6 (5)	92,1 (4)	97,9 (2)	99,4 (2)	99,6 (1,7)	100 (0,5)	16	7,4	5	0,7620
0,7	1,8	2,3	17,8 (3)	60,6 (7)	79,9 (4,5)	89,0 (2,5)	97,6 (2,8)	98,9 (1,8)	100 (1)	19	7,5	6	0,7239
1,8	10,6	33,3	47,7	62,2	71,9	81,7	94,9	98,1	100	7	7,4	17	0,7704
MW 0,8	4,1	29,0	52,4	76,1	85,9	92,1	97,9	99,1	100				

MW = Mittelwert

Werte in Klammern = das zwischen zwei Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml

mS•cm^{-1} = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

Graphische Darstellung 1: Sedimentationskurven der Fischbandwurmeier in Rohabwasser mit 90 mg Aluminiumsulfat und ohne Aluminiumsulfat (Kontrolle)

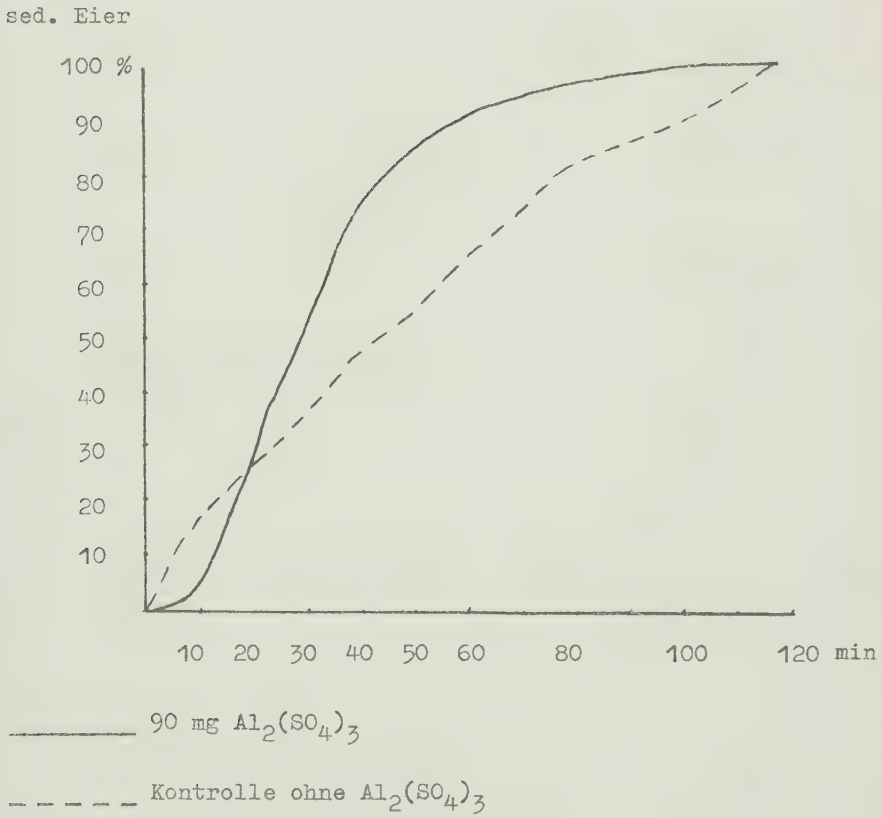


Tabelle 8b: Student - t - Test zur statistischen Sicherung der Ergebnisse mit 90 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

	30 Minuten	40	50	60	80
Standardabweichung	23,86	16,08	10,83	7,31	1,98
Testgröße T	1,49	2,85	3,42	3,16	2,35
Freiheitsgrade	16	16	16	16	16
Irrtumswahrscheinlichkeit P	$< 0,1$	$< 0,01$	$< 0,0025$	$< 0,005$	$< 0,025$
Signifikanz	nein	ja	ja	ja	nein

Tabelle 9a: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 100mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ... min Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	mS·cm^{-1} bei 20°C
0	3,0	30,0	65,0	85,0	93,0	98,0	100	100	100	20	7,9	5	0,8255
0,9	0,9	19,0	64,7	85,7	95,2	97,1	97,1	100	100	20	7,9	5	0,8255
1,2	1,2	2,6	44,1 (5)	79,2 (5)	91,3 (3)	97,8 (2)	99,1 (2)	100 (2)	100 (0,3)	16	7,4	5	0,7620
1,2	2,9	12,9	61,6 (12)	86,7 (6)	93,2 (2,5)	96,4 (2)	98,7 (1,8)	99,0 (1,3)	100 (0,5)	19	7,5	6	0,7239
0	18,1	77,9	87,6	97,4	98,7	100	100	100	100	15,5	7,2	6	0,7704
MW 0,6	5,2	28,5	64,6	86,8	94,2	97,8	98,9	99,8	100				

MW = Mittelwert
Werte in Klammern = das zwischen 2 Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml
mS·cm^{-1} = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

Graphische Darstellung 2: Sedimentationskurven der Fischbandwurmeier in Rohabwasser mit 100 mg Aluminiumsulfat und ohne Aluminiumsulfat (Kontrolle)

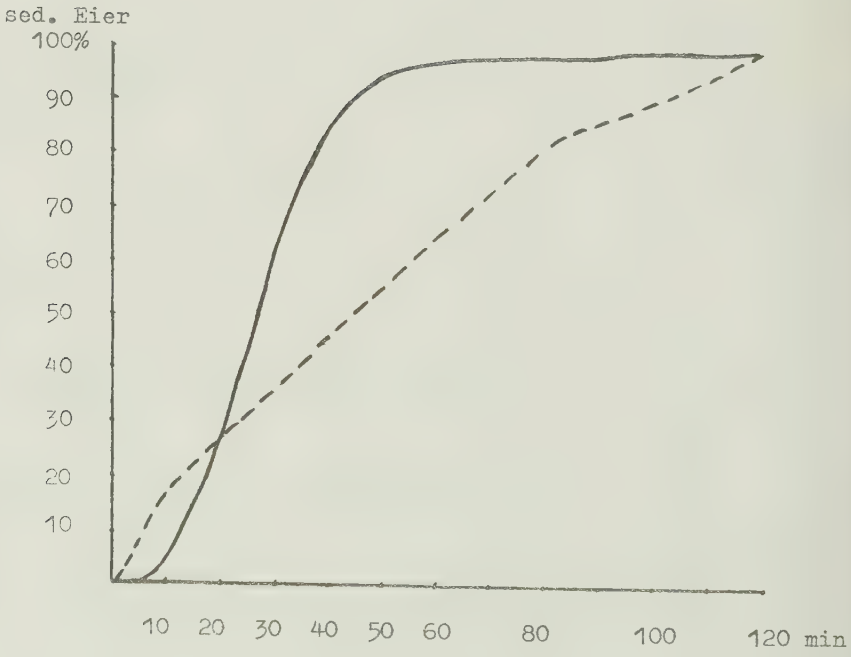


Tabelle 9b: Student - t - Test zur statistischen Sicherung der Ergebnisse mit 100 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

	30 Minuten	40	50	60	80
Standardabweichung	13,84	5,90	2,53	1,20	1,06
Testgröße T	3,57	4,86	5,19	4,45	2,80
Freiheitsgrade	17	17	17	17	17
Irrtumswahrscheinlichkeit P	$<0,0025$	$<0,0005$	$<0,0005$	$<0,0005$	$<0,01$
Signifikanz	ja	ja	ja	ja	ja

Tabelle 10a: Sedimentation von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 110 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ...Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetz-barkeit in ml	$mS \cdot cm^{-1}$ bei 20°C
0	2,4	67,4	94,3	98,3	100	100	100	100	100	18	7,7	26	0,8572
0,5	1,0	5,1	56,1 (10)	80,1 (7)	87,7 (3)	94,8 (2)	98,4 (2)	99,4 (1,2)	100 (1)	16	7,4	5	0,7620
1,2	2,9	5,0	47,9 (18)	75,8 (7,5)	87,9 (3,9)	92,5 (1,3)	98,3 (2)	100 (1,5)	100 (0,5)	19	7,5	6	0,7239
0,6	2,7	41.3	53,8	66,4	75,6	84,9	95,2	100	100	7	7,4	17	0,7704
MW 0,5	2,2	29,7	63,0	80,1	87,8	93,0	97,9	99,8	100				

MW = Mittelwert

Werte in Klammern = das zwischen zwei Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml

$mS \cdot cm^{-1}$ = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens $\cdot$ cm^{-1}

Graphische Darstellung 3: Sedimentationskurven der Fischbandwurmeier in Rohabwasser mit 110 mg Aluminiumsulfat und ohne Aluminiumsulfat (Kontrolle)

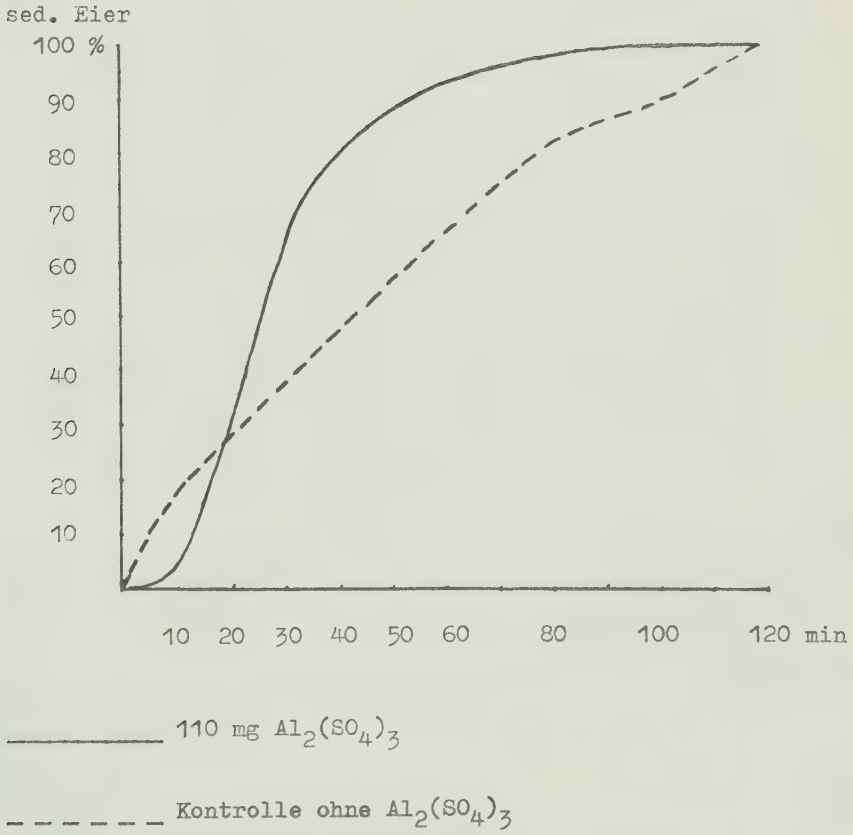


Tabelle 10b: Student - t - Test zur statistischen Sicherung der Ergebnisse mit 110 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

	30 Minuten	40	50	60	80
Standard-abweichung	18,30	11,59	8,62	5,43	1,73
Testgröße T	2,85	3,44	3,71	3,32	2,35
Freiheits-grade	16	16	16	16	16
Irrtums-wahrschein-lichkeit P	$<0,01$	$<0,0025$	$<0,0025$	$<0,0025$	$<0,025$
Signifikanz	ja	ja	ja	ja	nein

6.3.7. Sedimentationsergebnisse mit 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Die Mittelwerte aus 9 Versuchen ergaben, daß nach 30 min 66,8 % der Eier sedimentiert waren, nach 40 min 84,4 %, nach 50 min 92,5 %, nach 60 min 97,9 % und nach 80 min 99,5 %. Die Flokkungswirkung war so stark, daß sich bereits zwischen den Zeitpunkten 10 und 20 min über der Zapfstelle des Imhofftrichters Sedimentmengen von 10 bis 18 ml gebildet hatten. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als 0,0005 ist die Sedimentationsverbesserung der Fischbandwurmeier mit 120 mg Aluminiumsulfat gegenüber den Kontrollversuchen für den Zeitraum von 30 bis 80 min statistisch hochsignifikant. (Tab. 11a, Graphische Darstellung 4, Tab. 11b)

6.3.8. Sedimentationsergebnisse mit 130, 140 und 150 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

Nach 60 min waren bei einer Dosierung von 130 mg Aluminiumsulfat 92,7 % (Mittelwert) der Eier sedimentiert (Tab. 12), bei einer Dosierung von 140 mg Aluminiumsulfat 93,8 % (Tab. 13) und bei einer Dosierung von 150 mg Aluminiumsulfat 99,0 % (Mittelwert) (Tab. 14).

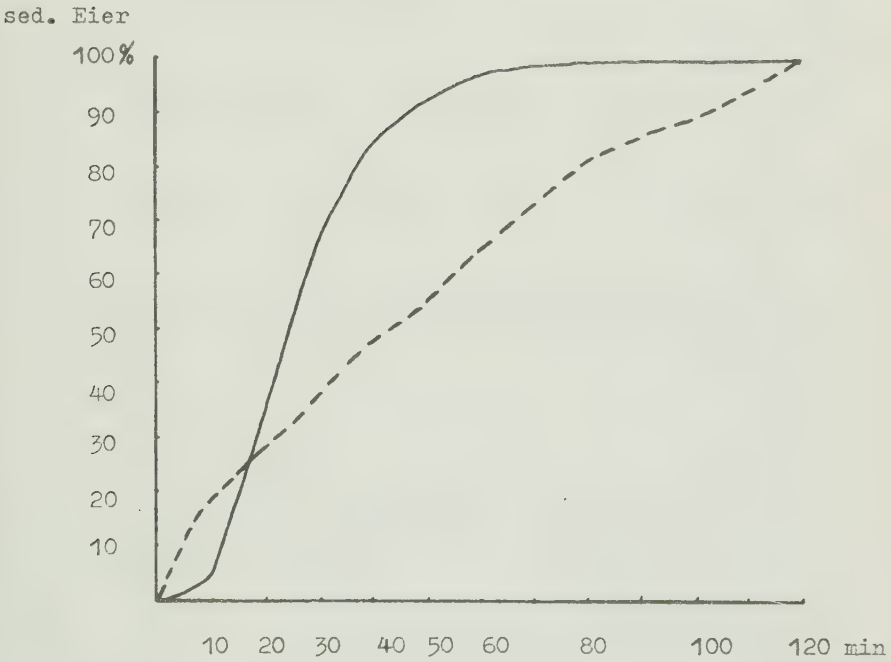
Da mit diesen hohen Aluminiumsulfatkonzentrationen bei gesteigerten Unkosten keine wesentliche Absetzverbesserung der Fischbandwurmeier zu erreichen ist, kann 120 mg Aluminiumsulfat als wirtschaftlich vertretbare und in der Wirkung optimale Maximaldosierung empfohlen werden.

Tabelle 11a: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ... Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	$mS \cdot cm^{-1}$ bei 20°C
2,0	4,5	18,3	53,4 (16)	73,2 (7)	88,5 (3)	97,7 (1,5)	99,2 (2)	100 (1,2)	100 (0,5)	20	7,7	6	0,6731
0	1,4	35,2	66,1	79,1	90,6	95,6	99,2	99,2	100	16	7,4	14	0,8255
1,9	4,1	33,5 (15)	65,1 (14)	84,5 (5,6)	92,9 (3,5)	97,4 (1,7)	98,7 (1,7)	99,6 (1,3)	100 (1)	19	7,5	6	0,7239
0	0	35,5 (17)	67,7 (11)	83,9 (5)	96,7 (2,5)	96,7 (1,5)	100 (1,6)	100 (1,2)	100 (0,8)	20	7,9	8,5	0,7620
2,0	2,0	29,1 (10)	58,3 (13)	79,1 (6)	81,2 (3)	100 (1,5)	100 (1,8)	100 (1,4)	100 (1,0)	20	7,9	8,5	0,7620
10,0	10,0	57,5 (12)	85,0 (9)	95,0 (5)	100 (2,5)	100 (1,2)	100 (1,5)	100 (1,1)	100 (0,8)	20	7,9	8,5	0,7620
2,2	3,8	41,0 (18)	69,0 (9,5)	86,7 (4,5)	95,8 (2)	96,9 (1,6)	100 (1,4)	100 (1,2)	100 (1)	20	7,9	8,5	0,7620
1,5	3,1	11,7	59,3 (14)	82,0 (7)	90,6 (3)	98,4 (2,3)	99,6 (2)	100 (1,5)	100 (1)	20	7,9	8,5	0,7620
2,7	4,6	47,8 (18)	77,9 (9,5)	96,5 (4)	96,9 (1,7)	98,4 (1,4)	99,6 (1,3)	100 (1,3)	100 (1)	20	7,9	8,5	0,7620
MW 1,5	3,7	34,5	66,8	84,4	92,5	97,9	99,5	99,8	100				

MW = Mittelwert
Werte in Klammern = das zwischen zwei Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml
$mS \cdot cm^{-1}$ = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

Graphische Darstellung 4: Sedimentationskurven der Fischbandwurmeier in Rohabwasser mit 120 mg Aluminiumsulfat und ohne Aluminiumsulfat (Kontrolle)



_____ 120 mg $Al_2(SO_4)_3$

_ _ _ _ _ _ Kontrolle ohne $Al_2(SO_4)_3$

Tabelle 11b: Student - t - Test zur statistischen Sicherung der Ergebnisse mit 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

	30 Minuten	40	50	60	80
Standardabweichung	9,25	7,08	5,33	1,38	0,61
Testgröße T	5,39	5,99	6,52	6,03	3,94
Freiheitsgrade	21	21	21	21	21
Irrtumswahrscheinlichkeit	$<0,0005$	$<0,0005$	$<0,0005$	$<0,0005$	$<0,0005$
Signifikanz	ja	ja	ja	ja	ja

Tabelle 12: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 130 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ... Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	$mS \cdot cm^{-1}$ bei 20°C
0,4	1,9	1,9	27,4 (4)	65,6 (12)	83,8 (4,5)	88,2 (2,5)	98,5 (2,3)	99,0 (1,4)	100 (1,2)	20	7,7	6	0,6731
0,9	5,1	43,2 (20)	73,4 (8)	84,1 (3)	94,8 (2)	97,2 (1)	99,5 (1,5)	99,5 (0,6)	100 (1)	19	7,5	6	0,7239

Tabelle 13: Sedimentationsergebnis von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 140 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

1,2	1,2	6,1	46,9	65,4	80,2	93,8	97,5	100	100	20	7,7	6	0,6731

Werte in Klammern = das zwischen zwei Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml

$mS \cdot cm^{-1}$ = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

Tabelle 14: Sedimentationsergebnisse von Fischbandwurmeiern in verschiedenen Rohabwässern mit 150 mg Aluminiumsulfat pro Liter Abwasser

%Eier nach ... Minuten Absetzzeit sedimentiert										ABWASSER			
5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	T°C	pH	Absetzbarkeit in ml	$mS \cdot cm^{-1}$ bei 20°C
2,1	18,5	73,4 (16)	90,4 (8)	97,0 (4)	98,6 (2,5)	98,8 (1,5)	100 (1,5)	100 (1,3)	100 (1,1)	20	7,5	16	0,8572
0	0,6	62,6 (18)	89,7 (12)	98,1 (4)	99,6 (3)	99,6 (2)	100 (2)	100 (1,3)	100 (0,6)	20	7,5	16	0,8572
1,0	6,5	25,7 (18)	50,5	70,2	88,4	98,6	100	100	100	17	7,5	13	0,6285

Werte in Klammern = das zwischen zwei Probenentnahmen angesammelte Sediment in ml
$mS \cdot cm^{-1}$ = elektrolyt. Leitfähigkeit in Milli-Siemens mal cm^{-1}

IV. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

In über 60 Versuchen wurde das Sedimentationsverhalten von Fischbandwurmeiern in Rohabwasser mit und ohne Aluminiumsulfat getestet. Die niedrigste Dosis betrug 1 mg Aluminiumsulfat pro Liter, die höchste 150 mg Aluminiumsulfat pro Liter. Mit sehr niederen $Al_2(SO_4)_3$-Konzentrationen von 1 bis 2,5 mg pro Liter läßt sich keine Beeinflussung der Wurmeisinkgeschwindigkeit erreichen. Voraussetzung dafür ist eine starke und rasche Flockenbildung, die erst bei Dosierungen von 80 bis 90 mg pro Liter gegeben ist. Bei Konzentrationen von 100 bis 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter erfolgt auch unter ungünstigen Bedingungen aufgrund intensiver Flockung eine sichere Sedimentation der Fischbandwurmeier: Bereits nach 60 min sind - bezogen auf eine 2stündige Absetzzeit - über 90 % der im Rohabwasser befindlichen Fischbandwurmeier sedimentiert, bei einer Dosierung von 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter sind es sogar 97,9 % (Mittelwert). Bei den Kontrollversuchen ohne Aluminiumsulfat konnten dagegen nur 65,6 % der Eier nach 60 min im Sediment nachgewiesen werden. Erst gegen Ende der 2stündigen Absetzphase erreicht die flockungsmittelfreie Sedimentation den Wert, der mit Hilfe von 90 bis 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter bereits nach einer Stunde erzielt wird. In die Praxis übertragen bedeutet das: Durch den Einsatz von Aluminiumsulfat in der angegebenen Dosierung kann die Absetzzeit der Abwässer in den Kläranlagen auf die Hälfte der normalen Absetzzeit verkürzt werden, ohne daß die Gefahr einer ungenügenden Entfernung der Fischbandwurmeier aus den Abwässern besteht.

Die vorliegenden Ergebnisse decken sich mit den Beobachtungen von MELKERSSON, NILSSON und STENDAHL (1967), die

- ohne exakte Zahlen anzugeben - von einer weitgehenden Eliminierung der Fischbandwurm- und Ascarideneier aus den Abwässern nach Zusatz von 100 bis 125 g Aluminiumsulfat pro m^3 Abwasser berichten. Diese Untersuchungen wurden nicht im Labor, sondern in einer modernen schwedischen Kläranlage durchgeführt. Aufgrund der Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen den eigenen Labor- und den schwedischen Großuntersuchungen können die in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Erkenntnisse im wesentlichen auf die praktischen Gegebenheiten in den Kläranlagen übertragen werden.

Beim Einsatz von Flockungsmitteln in den Sedimentierungsbecken der Kläranlagen muß berücksichtigt werden, daß die Schlammenge erheblich zunimmt. Abhängig von der Dosierung des Flockungsmittels betrug sie nach eigenen Untersuchungen das 5- bis 10fache des normalen Sediments, nach Angaben von IMHOFF (1950) nur das 2- bis 3fache. Die Kapazität der Faultürme muß deshalb bei der Verwendung von Flockungsmitteln dem größeren Schlammvolumen angepaßt werden. Von Vorteil ist dabei das schnellere Ausfaulen des chemisch gefällten Schlammes.

Aus Untersuchungen von MENSCHEL (1966) geht hervor, daß durch die Verwendung von Flockungsmitteln die Sinkgeschwindigkeit von Taenia saginata - Eiern beschleunigt wird. Da MENSCHEL mit anderen Flockungsmitteln und anderen Wurmeiern zu Ergebnissen kam, die den Resultaten dieser Arbeit weitgehend ähnlich sind, kann davon ausgegangen werden, daß Flockungsmittel allgemein in optimaler Dosierung einen sedimentationsbeschleunigenden Effekt auf verschiedene Wurmeier besitzen. Die restlose Klärung dieser Frage wäre Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Eine routinemäßige Reinigung häuslicher Abwässer mit Aluminiumsulfat ist trotz der nachgewiesenen Vorteile wegen der hohen finanziellen Kosten nicht zu realisieren. Zur Umgehung dieses Problems wird deshalb folgender Vorschlag gemacht: Zeitlich begrenzte Behandlung der Abwässer mit 90 bis 120 g Aluminiumsulfat pro m^3 und mindestens einstündige Absetzzeit bei Gefahr oder Auftreten von Fischbandwurmepidemien mit gleichzeitig erfolgender gesundheitlicher Aufklärung der Bevölkerung durch die Massenmedien.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. Es wurde der Einfluß des anorganischen Flockungsmittels Aluminiumsulfat auf die Sedimentation der Eier des Fischbandwurms Diphyllobothrium latum in Rohabwasser untersucht.

2. Zur Beschaffung des notwendigen Eimaterials wurden Plerocercoide an Hunde verfüttert. Aus den Proglottidenketten der herangewachsenen geschlechtsreifen Fischbandwürmer konnten die Eier gewonnen werden.

3. Die Durchführung der Flockungs- und Kontrollversuche erfolgte im Labor mit Hilfe von Imhofftrichtern.

4. Zum Vergleich der Ergebnisse mit und ohne Aluminiumsulfat diente diejenige Menge an Eiern in Prozent, die - bezogen auf die registrierte Gesamteizahl innerhalb 120 min - nach 30, 40, 50, 60 und 80 min sedimentiert war.

5. Die nach 40, 50 und 60 min im Sediment nachgewiesene Eizahl betrug bei den Kontrollversuchen im Mittel 48,0, 55,6 und 65,6 %. Bei den Flockungsversuchen mit 90 bis 120 mg Aluminiumsulfat pro Liter Rohabwasser lagen die Werte durchschnittlich 30 bis 40 % darüber. Die Mittelwertdifferenzen als Ausdruck der Sedimentationsbeschleunigung der Fischbandwurmeier durch Aluminiumsulfat sind statistisch gesichert.

6. Zur Vorbeugung oder Bekämpfung von Fischbandwurmepidemien wird die Behandlung der Abwässer mit Aluminiumsulfat in einer Dosierung von 90 bis 120 g pro m^3 bei einer Absetzzeit von mindestens 60 min empfohlen.

V. SUMMARY

1. It has been investigated the influence of the inorganic flocculation remedy $Al_2(SO_4)_3$ concerning the sedimentation of the eggs of the fishtapeworm Diphyllobothrium latum in unpurified waste-water.

2. The necessary egg-material has been supplied by plerocercoids fed to dogs, and received from the proglottide segments of the fully developed and adult fishtapeworm.

3. The flocculation- and controlling experiments have been done in the laboratory by "Imhoff-cones".

4. For comparing the results with and without application of $Al_2(SO_4)_3$ served the amount of eggs (in %) that - in respect of the registered complete amount of eggs within 120 minutes - had been sedimentated after 30, 40, 50, 60 and 80 minutes.

5. The amount of eggs found in the sediment after 40, 50 and 60 minutes had an average value of 48,0, 55,6, 65,6%. In the flocculation experiments with 90 to 120 mg $Al_2(SO_4)_3$ per litre waste-water the values showed an average of 30 to 40 % over the above mentioned value. The average value differences as a sign of the acceleration of the sedimentation for fishtapeworm eggs by application of $Al_2(SO_4)_3$ are ctatistically proofed.

6. As a preventive or controlling action against epidemic dangers by fishtapeworms the treatment of waste-water with $Al_2(SO_4)_3$ in the dosing of 90 to 120 g per cubic metre with the time of sedimentation of at least 60 minutes is recommended.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. ALMER, B.

Diphyllobothrium latum hos fisken i Salbosjön, Mälaren och Ivösjön.
Zool. Revy 1, 36 - 41, 1967

2. ALMER, G.

Den tysta sjön.
Fisksumpen 12, 22 - 28, 1965

3. BAER, JEAN G., MIRANDA, H., FERNANDEZ, W., MEDINA, J.

Human Diphyllobothriasis in Peru.
Z. Parasitenk. 28, 277 - 289, 1967

4. BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNEREN

Vorläufige Richtlinien für die landwirtschaftliche Abwasserverwertung.
Ministerialamtsblatt Nr. 32, 1951, nach der Bekanntmachung vom 13.8.1951

5. BERGSTERMANN, H., MENDHEIM, H., SCHEID, G.

Die parasitären Würmer des Menschen in Europa.
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1951

6. BÖHM, W.

Gewerbliche Abwässer.
Berlin, Elsner, 1928

7. BONSDORFF, B. v.

Diphyllobothrium latum as a cause of pernicious anemia.
Exp. Parasit. 5, 207 - 230, 1956

8. BONSDORFF, B. v.

The Fish Tapeworm Diphyllobothrium latum; A Major Health Problem in Finland.
Wld med. J. II, 170 - 172, 1964

9. BORCHERT, A.

Lehrbuch der Parasitologie für Tierärzte
4. Aufl. S. Hirzel - Verlag, Leipzig, 1970

10. DEMBOWSKI, H., SZIDAT, L.

Die staatliche Bekämpfung der Eingeweidewürmer bei den Anwohnern des Kurischen Haffs von Mai 1935 bis Ende 1936.
Veröff. Volksgesdh.dienst 50, 5, 1938

11. ESSEX, H. E.

Early developement of Diphyllobothrium latum in Northern Minnesota
J. Parasit. 14, 2, 106 - 109, 1927

12. FAIR, G. M., GEYER, J. G.

Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung
Verlag R. Oldenbourg München, 1971

13. FORSTNER, M. J.

Parasitologische Untersuchungen an der Kläranlage Mindelheim zur Beurteilung des Wurmbefalls von Weiderindern des Abwasserverregnungsgebietes.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 73, 161 - 164, 1960

14. FORSTNER, M. J.

Wurmeier im Schlachthofabwasser und ihre hygienische Bedeutung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien, Bd. 8,
1. Aufl. 1961, 83 - 94; 2. Aufl. 1970, 82 - 93

15. FREEMAN, R. S., THOMPSON, B. H.

Observation on Transmission of Diphyllobothrium sp. (Cestoda) to Lake Trout in Algonquin Park, Canada.
J. Fish. Res. Bd. Canada 26, 871 - 878, 1969

16. GORDON, H. Mc L., WHITLOCK, H. V.

A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces.
J. Counc. Sci. Ind. Res. Austr. 12, 50 - 52, 1939

17. GUTTOWA, A.

The broad tapeworm, Diphyllobothrium latum (L.), (Cestoda, Pseudophyllidea) in the Baltic region. Acta parasit. pol. 18, 323 - 340, 1970

18. GYLLING, B.

Den geografiska utbredningen av Diphyllobothrium latum i Finland.
Finska Läkaresällsk. Handl. 92, 38 - 48, 1949

19. HEPPE

zitiert nach SIERP, F., 1967

20. HUHTALA, A.

Über die Verbreitung des breiten und des schmalen Bandwurmes in Finnland.
Ann. Med. Intern. Fenn. 39, Suppl. 6, 1950

21. IMHOFF, K.

Taschenbuch der Stadtentwässerung
Verlag R. Oldenbourg 1956, 114 - 117

22. JAEGERS, K., HASCHKE, J.

Zur Aufbereitung der Abwässer der Fischmehlfabriken.
Städtehygiene 2, 77, 1950

23. JANICKI, C., ROSEN, F.

Le cycle évolutif du Dibothriocephalus latus L. Bull. Soc. Sci. natur. 42, 19 - 53, 1916/17

24. JUNG, H.

Das Niersverfahren zur Reinigung textiler Abwässer.
Textilpraxis 1950, 534, Kohlhammer Verlag Stuttgart

25. JUNG, H.

Beitrag zur Reinigung der Abwässer der Textil- und Lederindustrie.
Berichte der ATV, 3, 1952, Verlag R. Oldenbourg München

26. KOTLAN, A.

Helminthologie
Die Helminthosen der Haus- und Nutztiere unter Berücksichtigung der Helminthosen des Menschen.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960

27. KUHLOW, F.

Bau und Differentialdiagnose heimischer Diphyllobothrium - Plerocercoide.
Z. Tropenmed. Parasit. 4, 186 - 202, 1953

28. KUHLOW, F.

Untersuchungen über die Entwicklung des Breiten Bandwurmes (Diphyllobothrium latum).
Z. Tropenmed. Parasit. 6, 213 - 225, 1955

29. LEHMANN, O. J. M.

Der Gehalt des Memminger Abwassers an Eiern von Zooparasiten und deren Verhalten während des Klärprozesses.
Vet.-med. Diss. München, 1954

30. LIEBMANN, H.

Zooparasiten im Abwasser.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 68, 97 - 98, 1955

31. LIEBMANN, H.

Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des Abwassers an Wurmeiern von Großstädten Europas, Nordafrikas und Kleinasiens.
Z. Parasitenk. 25, 10, 1964

32. LIEBMANN, H.

Die Lebensfähigkeit der Wurmeier unter den verschiedenen Bedingungen der Schlamm- und Müllbehandlung (mit besonderer Berücksichtigung der Bekämpfung der Cysticercose des Rindes).
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 45 - 53, 1966

33. LÖNNBERG, E.

Über das Vorkommen des Breiten Bandwurmes in Schweden.
Zbl. Bakt. 11, 189 - 230, 1891

34. MEINCK, F.

Die Abwässer der Erdölraffinerien und ihre Behandlung.
Berichte der ATV, 12, 70 - 82, 1960

35. MELKERSSON, K.-A., NILSSON, R., STENDAHL, K.

Kemisk fällning i biologisk damm.
Boliden Information der Boliden - Aktiebolag, Reymersholmsverken, Hälsingborg, 1967.

36. MENSCHEL, E.

Der Einfluß von Flockungsmitteln auf die Sinkgeschwindigkeit der Eier des Bandwurms Taenia saginata.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 54 - 57, 1966

37. NYBERG, W.

Diphyllobothrium latum and human nutrition, with particular reference to Vitamin B_{12} deficiency.
Proc. Nutr. Soc. 22, 8 - 14, 1963

38. PALLASCH, O. u.M.

Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band II
Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin - München, 1969

39. PIEKARSKI, G.

Lehrbuch der Parasitologie
Springer Verlag Berlin - Göttingen - Heidelberg, 1954

40. RAUSCH, R., WILLIAMSON, F. S. L.

Studies on the helminth fauna of Alaska.
33. The description and occurence of Diphyllobothrium alascensis n. sp. (Cestoda).
Z. Tropenmed. Parasit. 9, 64 - 72, 1958

41. REDLICH, E.

Diaptomus graciloides (Lilljeborg), ein neuer erster Zwischenwirt von Dibothriocephalus latus.
Arch. Tierheilk. 53, 353 - 361. 1925

42. REICHENOW, E., VOGEL, H., WEYER, F.

Leitfaden zur Untersuchung der tierischen Parasiten des Menschen und der Haustiere.
Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig, 3. Aufl., 1952

43. SCHÄPERCLAUS, W.

Fischkrankheiten
Akademie - Verlag Berlin, 3. Aufl., 1954

44. SCOLARI, C.

Ricerche sulla frequenza della plerocercosi da Diphyllobothrium latum nei pesci dei laghi dell' Italia settendrionale e sulla incidenza della infestione nelle diverse specie ittiche recettice.
Clin. vet. (Milano) 78, 210 - 214, 1955

45. SIERP, F.

Die gewerblichen und industriellen Abwässer.
Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York
3. Aufl., 1967

46. TARASSOW, V.

Über die Verbreitung von Diphyllobothrium latum und anderer Darmparasiten bei der Bevölkerung Kareliens. (Russisch, deutsche Zusammenfassung).
Ber. Biol. Borodin - Station, Bd. VI, 27 - 50, 1933

47. VIK, R.

Studies of the helminth fauna of Norway.
I. Taxonomy and ecology of Diphyllobothrium norvegicum n. sp. and the plerocercoid of Diphyllobothrium latum (L.).
Nytt.Mag. Zool. 5, 25 - 93, 1957

48. VOGEL, H.

Studien zur Entwicklung von Diphyllobothrium.
I. Teil: Die Wimpernlarve von Diphyllobothrium latum.
Z. Parasitenk. 2, 213 - 222, 1930

49. VOGEL, H.

Studien zur Entwicklung von Diphyllobothrium.
II. Teil: Die Entwicklung des Plerocercoids von Diphyllobothrium latum.
Z. Parasitenk. 2, 629 - 644, 1930

50. WASSILKOWA, S. G.

Die wichtigsten Helminthosen des Menschen und ihre Bekämpfung.
VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1955

51. WETZEL, R.

Verbesserte Mc Master - Kammer zum Auszählen von Wurmeiern.
Tierärztl. Umsch. 6, 209 - 210, 1951

52. WIKGREN, B.-J., MUROMA, E.

Studies on the genus Diphyllobothrium.
A revision of the Finnish finds of Diphyllobothrid Plerocercoids.
Acta Zool. Fenn. 93, 1 - 22, 1956

53. ZARTNER, H.

Untersuchungen über die Anzahl und den Verbleib von Eiern des Spulwurms Ascaris lumbricoides in der Münchner Kläranlage.
Vet.-med. Diss. München, 1951

54. ZSCHOKKE, I., SZIDAT, L., WIGAND, R.

Ein Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung menschlicher Helminthen - Infektionen am Kurischen Haff.
Zbl. Bakt., I. Orig., 124, 1 - 16, 1932

An dieser Stelle danke ich Herrn Prof. Dr.Dr. h.c. H. Liebmann für die Überlassung des interessanten Themas und das stets gezeigte Interesse am Fortgang der Arbeit sehr herzlich.

Ferner gilt mein Dank den Damen und Herren des Zoologisch - Parasitologischen Institutes und der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt, München, für ihre Hilfsbereitschaft.

Ebenso möchte ich ganz besonders Herrn Gösta Almer, Näsum in Schweden, für die großzügige Bereitstellung von infiziertem Fischmaterial danken.

LEBENSLAUF

Am 13. August 1946 wurde ich als Sohn des praktischen Tierarztes Dr. Josef Döschl und seiner Ehefrau Erna, geb. Gierstorfer, in Fürstenzell bei Passau geboren. Nach 4jähriger Volksschulzeit in Fürstenzell besuchte ich das humanistische Gymnasium in Metten, wo ich im Juni 1965 die Reifeprüfung ablegte. Im Wintersemester 1965/66 begann ich an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig - Maximilians - Universität in München das Studium der Tiermedizin, das ich im September 1970 mit dem Staatsexamen abschloß. Im Oktober 1970 erhielt ich die Approbation als Tierarzt.

Im Frühjahr 1970 bewarb ich mich um die Zulassung zum Studium der Humanmedizin, trat im April 1970 in das 4. Semester ein und legte ein Jahr später im April 1971 die Ärztliche Vorprüfung ab. Im Augenblick besuche ich das 3. klinische Semester Humanmedizin und arbeite nebenbei als Tierarzt in der Praxis meines Vaters.